

УДК 630\*524.39+630\*174.754

**В.А.Усольцев, А.Ф.Уразова, И.Е. Бергман**

(V.A. Usoltsev, A.F. Urazova, I.E. Bergman)

(Уральский государственный лесотехнический университет)



Уразова Алина Флоритовна родилась в 1986 г., окончила лесоинженерный факультет Уральского государственного лесотехнического университета в 2008 г. Имеет 10 печатных работ по проблемам оценки и моделирования биологической продуктивности лесов.



Бергман Игорь Евгеньевич родился в 1985 г., окончил лесохозяйственный факультет Оренбургского государственного агроуниверситета в 2008 г. Имеет 10 печатных работ по проблемам оценки и моделирования биологической продуктивности лесов.

## **ИЗМЕНЕНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ И ПИХТЫ ВБЛИЗИ СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА (CHANGE OF QUALIMETRICAL CHARACTERISTICS OF SPRUCE AND FIR TREE BIOMASS NEAR SREDNEURAL'SK COPPER PLANT)**

*Проанализировано изменение плотности и содержания сухого вещества в различных фракциях фитомассы деревьев ели и пихты в зависимости от диаметра ствола на высоте 1,3 м и удаления от Среднеуральского медеплавильного завода.*

*Change of density and dry matter content in different fractions of spruce and fir tree biomass in relation to diameter at breast height and distance from Sredneural'sk copper plant is studied.*

Обширные пространства фоновой среды Урала в сочетании с наличием крупных длительно действующих источников промышленных загрязнений дают уникальную возможность заниматься экспериментальными исследованиями с целыми экосистемами на уровне территориальных комплексов. На Урале одним из наиболее интенсивных источников токсичных выбросов в атмосферу является медеплавильное производство, в частности Среднеуральский медеплавильный завод (СУМЗ) в Свердловской области.

В этой связи исследования биологической продуктивности лесных насаждений на Урале необходимо выполнять с учетом степени их загрязне-

ния или расстояния от источника промвыбросов, причем в отношении не только количественных, но и качественных (квалиметрических) характеристик.

**Объекты и методы исследования.** Исследования выполнены в подзоне южной тайги Урала в градиенте загрязнений темнохвойных естественных насаждений к западу от СУМЗ. В основу нашего исследования положен метод пробных площадей, заложенных согласно требованиям ОСТ 56-60-83. Таксационная характеристика древостоев пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика елово-пихтовых древостоев  
в градиенте загрязнений от СУМЗ

$L^*$ , км	Породный состав	Возраст, лет	Класс бонитета	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число деревьев, экз./га	Площадь сечений стволов, $m^2$ /га	Запас, $m^3$ /га
1,0	4ЕЗП2Б1С	74	IV	13,7	14,3	1365	21,2	149
2,0	4Е4П1Б1Ос	86	IV	16,0	15,0	1997	34,7	262
4,0	6ЕЗП1Б+Ос	114	III	22,6	23,0	1181	42,1	388
7,0	2Е5ПЗБ+Ос	90	III	21,4	22,3	1102	43,1	386
30,0	3Е6П1Б	100	III	22,3	22,7	1056	42,7	386

\*  $L$  – здесь и далее расстояние от источника загрязнений.

Наряду с традиционной таксацией древостоев на каждой пробной площади выполнены определения их фитомассы. Для этого взято по 6-7 модельных деревьев каждой древесной породы в пределах варьирования их диаметров. Общее количество модельных деревьев ели – 34 и пихты – 32. Методика полевых работ изложена в первом нашем сообщении настоящего выпуска.

Количественные показатели биологической продукции дерева наиболее часто связываются с его диаметром, возрастом и общим физиологическим состоянием, опосредуемым шириной годичного кольца. Известно, что с шириной годичного кольца связаны и квалиметрические показатели ствола (Усольцев, 1988). Возрастная динамика конуса нарастания ствола определяет изменение соотношений древесины с различными физиологически обусловленными характеристиками, такими как влажность и плотность, которые вследствие изложенного изменяются вдоль по стволу (Полубояринов, 1976). Квалиметрия кроны также обусловлена во многом физиологическим состоянием дерева, которое изменяется с возрастом и экологическими (ценотическими) условиями. Это учтено в построении структуры регрессионных моделей.

**Результаты и их анализ.** Установлено, что как общий запас елово-пихтовых древостоев, так и их надземная фитомасса статистически значительно ( $t_{05}$ ) возрастают по мере удаления от источника загрязнений на расстояние до 4 км, а при дальнейшем удалении стабилизируются.

Квалиметрические характеристики фракций фитомассы древостоев проанализированы методом многофакторного регрессионного моделирования. Принята следующая структура уравнений:

- для древесины и коры стволов ели и пихты

$$\rho \text{ и } S = a_0 + a_1 D + a_2 L + a_3 h; \quad (1)$$

- для ветвей ели и пихты

$$S = a_0 + a_1 D + a_2 L; \quad (2)$$

- для хвои ели и пихты

$$S = a_0 + a_1 D + a_2 A, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность каждой фракции в свежем состоянии, кг/м<sup>3</sup>;

$S$  – содержание сухого вещества, %;

$D$  – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см;

$A$  – возраст дерева, лет;

$h$  – относительная высота сечения ствола, в долях от общей высоты дерева.

В окончательную структуру уравнений (1)-(3) включены лишь переменные, значимые на уровне  $t_{05} > 2,0$ . При описании изменчивости показателей  $S$  ветвей обеих пород с помощью регрессионного уравнения статистически значимыми переменными оказались диаметр  $D$  и расстояние  $L$  (уравнение (2)), а в аналогичном уравнении для тех же показателей хвои – диаметр  $D$  и возраст дерева  $A$ : расстояние от источника загрязнений не оказывает статистически значимого влияния на содержание сухого вещества в хвое (уравнение (3)).

Рассчитанные уравнения (1)-(3) протабулированы по задаваемым значениям независимых переменных и получены соответствующие табл. 2 и 3.

Таблица 2

Изменение плотности и содержания сухого вещества в древесине и коре сосны в градиенте загрязнений от СУМЗ (уравнение (1))

$L$ , км	$h$	Плотность (кг/м <sup>3</sup> ) при диаметре ствола $D$ , см					Содержание сухого вещества (%) при диаметре ствола $D$ , см				
		8	16	24	32	40	8	16	24	32	40
Древесина ели											
1	0,2	791	737	684	631	578	47,0	48,2	49,5	50,8	52,0
	0,5	890	837	783	730	677	42,5	43,8	45,0	46,3	47,6
	0,8	989	936	883	829	776	38,0	39,3	40,6	41,8	43,1
7	0,2	811	758	704	651	598	47,8	49,1	50,4	51,6	52,9
	0,5	910	857	803	750	697	43,4	44,6	45,9	47,2	48,4
	0,8	1009	956	903	849	796	38,9	40,1	41,4	42,7	44,0

Окончание табл. 2

$L$ , км	$h$	Плотность (кг/м <sup>3</sup> ) при диаметре ствола $D$ , см					Содержание сухого вещества (%) при диаметре ствола $D$ , см				
		8	16	24	32	40	8	16	24	32	40
30	0,2	888	835	781	728	675	51,1	52,4	53,7	54,9	56,2
	0,5	987	934	881	827	774	46,7	47,9	49,2	50,5	51,7
	0,8	1086	1033	980	927	873	42,2	43,5	44,7	46,0	47,3
Древесина пихты											
1	0,2	792	771	750	729	709	43,3	44,1	45,0	45,8	46,7
	0,5	853	833	812	791	770	40,4	41,2	42,1	42,9	43,7
	0,8	915	894	874	853	832	37,5	38,3	39,1	40,0	40,8
7	0,2	778	757	736	715	695	43,8	44,6	45,5	46,3	47,1
	0,5	839	819	798	777	756	40,9	41,7	42,5	43,4	44,2
	0,8	901	880	860	839	818	37,9	38,8	39,6	40,5	41,3
30	0,2	723	703	682	661	641	45,6	46,4	47,3	48,1	49,0
	0,5	785	764	744	723	702	42,7	43,5	44,4	45,2	46,0
	0,8	847	826	805	785	764	39,8	40,6	41,4	42,3	43,1
Кора ели											
1	0,2	780	736	691	647	602	43,9	44,7	45,5	46,3	47,0
	0,5	898	853	809	764	720	41,8	42,5	43,3	44,1	44,9
	0,8	1015	971	926	882	837	39,6	40,4	41,2	42,0	42,8
7	0,2	814	770	725	680	636	44,1	44,9	45,7	46,5	47,3
	0,5	932	887	843	798	753	42,0	42,8	43,5	44,3	45,1
	0,8	1049	1005	960	916	871	39,8	40,6	41,4	42,2	43,0
30	0,2	944	899	855	810	766	44,9	45,7	46,5	47,3	48,1
	0,5	1061	1017	972	928	883	42,8	43,6	44,3	45,1	45,9
	0,8	1179	1135	1090	1045	1001	40,6	41,4	42,2	43,0	43,8
Кора пихты											
1	0,2	779	810	842	873	904	45,7	46,8	47,8	48,9	49,9
	0,5	743	774	805	837	868	42,8	43,9	45,0	46,0	47,1
	0,8	707	738	769	800	832	40,0	41,0	42,1	43,2	44,2
7	0,2	813	844	875	906	938	45,7	46,8	47,9	48,9	50,0
	0,5	776	808	839	870	901	42,9	44,0	45,0	46,1	47,1
	0,8	740	771	803	834	865	40,0	41,1	42,2	43,2	44,3
30	0,2	941	972	1003	1034	1066	45,9	47,0	48,0	49,1	50,2
	0,5	905	936	967	998	1029	43,1	44,1	45,2	46,3	47,3
	0,8	868	900	931	962	993	40,2	41,3	42,3	43,4	44,5

Таблица 3

Изменение содержания сухого вещества в ветвях и хвое ели и пихты  
в градиенте загрязнений от СУМЗ

$L$ , км	Содержание сухого вещества (%) в ветвях при диаметре ствола $D$ , см (уравнение (2))					$A$ , лет	Содержание сухого вещества (%) в хвое при диаметре ствола $D$ , см (уравнение (3))				
	8	16	24	32	40		8	16	24	32	40
Ель											
1	54,2	56,0	57,7	59,4	61,2	40	45,1	46,1	47,0	48,0	49,0
7	55,3	57,0	58,7	60,4	62,2	100	46,8	47,7	48,7	49,7	50,7
30	59,1	60,8	62,6	64,3	66,0	160	48,4	49,4	50,4	51,4	52,3
Пихта											
1	47,3	48,1	48,8	49,6	50,3	40	42,3	42,6	42,9	43,2	43,5
7	47,8	48,6	49,3	50,1	50,8	100	43,7	44,0	44,3	44,6	44,9
30	49,7	50,4	51,2	51,9	52,7	160	45,0	45,3	45,6	45,9	46,3

### Выводы

1. В направлении от основания к вершине ствола плотность как его древесины, так и коры у ели возрастает, а у пихты плотность древесины возрастает, а коры снижается в том же направлении; содержание сухого вещества в том же направлении в древесине и коре обеих пород снижается.

2. По мере удаления от СУМЗ содержание сухого вещества как в древесине ствола, так и в его коре возрастает у обеих пород. Плотность в свежем состоянии в том же направлении у ели увеличивается как в древесине, так и в коре; у пихты аналогичная закономерность наблюдается по коре, а по древесине закономерность противоположная.

3. Плотность древесины и коры ствола у ели снижается в направлении от мелких деревьев к крупным, а у пихты названная закономерность подтверждается для древесины и имеет противоположный тренд для коры.

4. По мере увеличения диаметра ствола содержание сухого вещества в ветвях и хвое возрастает у обеих пород, причем названный показатель обеих фракций у ели выше, чем у пихты.

5. Содержание сухого вещества в ветвях обеих пород возрастает по мере удаления от СУМЗ, а в хвое – соответственно по мере увеличения возраста дерева при прочих равных условиях.

### Библиографический список

Полубояринов О.И. Квалиметрия древесного сырья в процессе лесовыращивания: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Л.: ЛЛТА, 1976. 46 с.

Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, 1988. 253 с.